4.

MEMORIA

SOBRE EL

TIRO A REBOTE

Traducida y aumentada para el uso de la Academia de Ingenieros,

POR D. LUIS GAUTIER

CONDECORADO CON DOS CRUCES DE PRIMERA CLASE DE SAN FERNANDO, CABALLERO DE LA ÓRDEN AMERICANA DE ISABEL LA CATÓLICA, TENIENTE CORONEL GRADUADO DE INFANTERÍA, CAPITAN DEL CUERPO DE INGENIEROS Y PROFESOR DE SU ACADEMIA.



GUADALAJARA:
Imprenta de D. P. M. Ruiz *y hermano.*
AÑO DE 1842.

Recibido el 3 de Junio de 1842.

Adjunto dirijo a V. la Memoria sobre el tiro a rebote compuesta por el Capitan D. Luis Gauvier, el que me dice hara satisf.º V. ya su importe de 5 r.s, advirtiendole que el porte de correo es de 2 r.s 2 m.s, los que prevendré al habilitado D. Mateo de Alegre descuente a V. de la 1.ª carta de pago que dirija a V. de sus haberes corrientes.

Dios gue. a V. m.s a.s Valladolid 29 de Mayo de 1842.

Manuel Ramirez

Sr. D. Ant.º Ruiz Francisquetes Comand.te de Ing. Pino Rod.





El tiro á rebote es indudablemente uno de los recursos mas poderosos que se conocen en el dia para rendir las Plazas, pues que los proyectiles disparados de este modo reunen al efecto material devido á su choque, la influencia moral que ejercen siempre en las tropas los fuegos de flanco y de revés: y Vaubán que fué su inventor al emplearlo en el sitio de las Plazas, no hizo mas que aplicar en esta importante operacion aquel gran principio de Táctica, que ecsije que para apoderarse de una posicion con la menor pérdida posible, debe atacarse simultáneamente de frente y de flanco.

Por la história del tiro á rebote se conoce que su invencion fue el fruto de largas meditaciones de Vaubán, que lo ensayó por la primera vez contra la Plaza de Philipsbourg en 1688; y entre los varios ejemplos que demuestran la eficacia del fuego á rebote en el ataque de las Plazas, citaré solo el del sitio que sufrió la de Berg-op-zoom en el año de 1747, de cuyo diario consta que apesar de los trabeses y espaldones que se habian construido en los baluartes, los rebotes y los tiros perdidos de esta clase de disparos, causaban en las defensas y en la guarnicion un gran destrozo, y que dos baterías establecidas en los estremos de la paralela, bastáron para apagar prontamente los fuegos del frente atacado, que los demas trabajos adelantados hasta el glacis no habian podido hacer cesár.

Estando encomendada principalmente á los oficiales de Ingenieros la direccion del ataque y defensa de las plazas, les es absolutamente necesario el esacto conocimiento del tiro á rebote, tanto para saber las ocasiones en que deben aconsejar su uso en el ataque, co-

*

mo para precaber sus efectos en la defensa: y con el objeto de facilitar á nuestros Alumnos el estudio de esta parte importante de la instruccion que deben adquirir en la Academia, he procurado reunir en la adjunta memoria las verdades principales y los principios fundamentales que bastan para dar aquel conocimiento.

Al someter esta memoria por conducto de V. S. á la consideracion de la junta de Profesores de la Academia, me anima la confianza de que los ilustrados individuos que la componen, teniendo presente el objeto que me ha guiado, y que es este el primer trabajo que hago de esta especie, sabrán disimular las faltas que pueda tener.

Dios guarde á V. S. muchos años. Guadalajara 6 de Diciembre de 1841. = Luis Gautier. = Sr. D Fernando García S. Pedro, Gefe de estudios interino de la Academia de Ingenieros.

La junta de Profesores de la Academia de Ingenieros, y una comision compuesta de los Tenientes Coroneles del Cuerpo D. Celestino del Piélago y D. Vicente Roman, han aprobado esta memoria, recomendando su lectura á los oficiales del Cuerpo, y su estudio á los Alumnos de la Academia.

El rebote de los proyectiles de Artillería se considera comunmente como debido á su elasticidad y á la del terreno. Esta opinion no tiene otro fundamento que la semejanza que ecsiste entre el rebote y la reflecsion de los cuerpos elásticos; pero como los proyectiles metálicos y los cuerpos sobre cuya superficie rebotan tienen muy poca elasticidad, la semejanza no es mas que aparente: el efecto es el mismo, pero no concurren en el las mismas circunstancias. Las verdaderas causas del rebote de los proyectiles se deducen de las consideraciones siguientes.

Causas que producen el rebote de los proyectiles de Artillería.

1.ª Si el proyectil no tubiese absolutamente elasticidad alguna, y si la superficie con que choca, perteneciendo á un cuerpo perfectamente duro, fuese horizontal, no habria rebote; porque la velocidad del proyectil en el momento en que encontrase á la superficie del cuerpo, se descompondria en dos, la una vertical que quedaría destruida y que no podria serle restituida, y la otra horizontal en virtud de la cual haciendo abstraccion del rozamiento y de la resistencia del aire, rodaria el proyectil sobre la superficie.

2.ª Sea A C X E D (*fig.* 1.ª) el perfil de la superficie del cuerpo, y supongamos que el movil choca oblicuamente contra la parte X E; su velocidad se descompondrá en dos, la una normal á X E que quedará destruida suponiendo al cuerpo perfectamente duro, y la otra paralela á X E en virtud de la cual rebotará el proyectil.

3.ª Supongamos ahora que la superficie horizontal espuesta al choque, pertenece á un medio tal como la tierra ó el agua; si el angulo de incidencia bajo el cual la encuentra el movil es de un corto número de grados, habrá rebote: en efecto, en virtud de su velocidad vertical en el momento en que encuentra á la superficie, el movil penetrará en el medio, pero á poca profundidad, porque dicha velocidad que es proporcional al seno del ángulo de incidencia, será muy pequeña y prontamente destruida: animado por la componente horizontal hará un surco en el cuerpo, y hallándose en el mismo caso que el movil del párrafo anterior, se elevará al chocar contra las materias acumuladas delante de él. Tal es la manera con que se produce el rebote, y vemos que depende del ángulo de incidencia, del diametro, velocidad y densidad del proyectil, y del grado de penetrabilidad del medio.

Sobre un suelo que sin ser duro tiene una gran consistencia, se ha observado que bajo un ángulo de

incidencia de 8.°, el surco del rebote tiene 3. ó 3,5 pies de longitud y una profundidad igual al radio del proyectil.

El rozamiento favorece al rebote haciendo adquirir al proyectil un movimiento de rotacion que le facilita vencer los obstáculos que encuentra.

Cuando la superficie espuesta al choque es el agua, es indispensable que la velocidad vertical quede destruida antes que el proyectil se sumerja enteramente. Para demostrarlo, concibamos por su centro un plano perpendicular á la recta directriz instantanéa del movimiento, á que llamaremos eje: mientras la semiesfera anterior al plano no se haya sumergido, las resistencias que esperimenta al rededor del eje serán desiguales y el centro del movil describirá una curva; pero desde el instante en que se sumerja dicha semiesfera, la resultante de todas las resistencias coincidirá con el eje, y prescindiendo de la gravedad, el movil perseverará en la misma direccion que tenía en dicho instante.

4.ª Si el movil fuese completamente elástico y la superficie horizontal espuesta al choque perteneciese á un cuerpo perfectamente duro, habria rebote, por que el movil recobraría su fuerza vertical en virtud de su elasticidad.

Esplicacion del tiro à rebote.

Las opiniones han estado divididas largo tiempo sobre el tiro á rebote, sus efectos y el modo de eje-

culario. Vamos primeramente á esponer en que consiste este tiro, y despues entraremos en la cuestion de si su uso es ó no conveniente en el ataque de las Plazas.

Relacion entre la amplitud del primer rebote y la trayectoria primitiva.

Sea A B (*fig.* 1.ª) la traza de un plano horizontal sobre el cual suponemos que se tira á rebote, y A H C la trayectoria que describe el movil: si el aire no opusiese resistencia, el angulo de proyeccion T A C sería igual al de incidencia t C A; pero en la práctica t C A < T A C: de todos modos la diferencia no es grande cuando los proyectiles son lanzados con pequeñas cargas, porque en este caso sus trayectorias difieren poco de las parabolas que describirían en el vacio. El objeto de esta memoria permite esta hipotesis.

Si el movil y el terreno fuesen perfectamente elásticos, el segundo ángulo de partida t′ C B, sería igual al ángulo de incidencia t C A, el móvil describiría una segunda parabola igual á la primera, y tendríamos C B = A C. Suponiendo establecida la batería en la primera paralela, A C sería de 650 á 700 varas: pero sabemos que cuando un proyectil rebota despues de haber surcado el terreno segun una curva C X E, queda animado de menor velocidad, y describe una segunda parabola E M D cuya amplitud es variable, pero siempre menor que la de la primera. Cuanto mas flojo ó arenisco es el

terreno en que choca un proyectil, menos resistencia opone, y es necesario reducir mas el ángulo de proyeccion y la velocidad inicial, para que el móvil no penetre á una profundidad que haría imposible el rebote; y hallándose ésta evidentemente en razon directa del diametro del proyectil, el ángulo de proyeccion y la velocidad inicial que ya no producen rebote no son los mismos para un proyectil grande que para uno pequeño; cuando el segundo se entierra el primero puede rebotar todavía.

De lo que precede se sigue que la amplitud C D del primer rebote puede variar mucho en terrenos diferentes, suponiendo iguales todas las demas circunstancias. Despues de muchas investigaciones se ha obtenido por resultado, que sobre un suelo que no es muy movedizo, la distancia C D varia entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{6}$ á lo menos de A C (*); de manera que si A C es de 650 á 700 varas, C D podrá variar entre 108 y 175 varas, ó mas, por que disparando con grandes cargas y bajo pequeños ángulos, se ha observado algunas veces que la segunda trayectoria es mayor que la primera. Como las alas de los caminos cubiertos no tienen mas que 150 ó 170 varas de longitud, ve-

(*) En estas esperiencias varió el ángulo de tiro entre 5.° y 10.° y la carga entre $\frac{1}{14}$ y $\frac{1}{32}$ del peso de los proyectiles, que eran granadas. Para los proyectiles sólidos disparados bajo pequeños ángulos de proyeccion con la carga de $\frac{1}{3}$, y sobre un terreno duro y unido, la amplitud de cada rebote es procsimamente la mitad del anterior.

mos que los proyectiles disparados desde la primera paralela, no pueden dar en ellos mas que uno ó dos rebotes.

Supongamos ahora que el terraplen de la cara que se quiere enfilar esté mas elevado que la bateria, y sea F G su tráza. Tendremos que siendo H O $= \frac{1}{4}$ ó $\frac{1}{6}$ de H L, y suponiendo que H h $=$ 8 varas, y A h $=$ 680 varas, los valores de H O respectivamente correspondientes á T A C $=$ 5.°, 10 °, y 15 °, serán de 80 á 120 varas; de 100 á 149 varas, y de 105 á 158 varas: por consiguiente las balas de las baterías de la primera paralela no pueden dar sino uno ó á lo mas dos rebotes sobre las caras de los baluartes y médias lunas, cuya longitud ordinaria es de 100 á 130 váras.

Si las baterías de rebote se establecen en la segunda paralela, su distancia á los caminos cubiertos será de 300 á 350 varas, y la amplitud del primer rebote de 50 á 88 varas; por consiguiente las balas podrán dar en las circunstancias mas favorables, dos ó tres rebotes en las mayores alas de los caminos cubiertos, y dos en los terraplenes que esten elevados 8 varas sobre el nivel de las baterías.

Siendo peligrosa la construccion de las baterías de la segunda paralela, por haberse de hacer bajo el fuego de fusilería de los caminos cubiertos, y pro-

duciendo muy buen efecto las baterías de rebote de la primera paralela cuando se arman con piezas de grueso calibre, que son las mas convenientes para el objeto, supondremos que se hallan establecidas en el último paraje citado y que la bala no dá mas que un rebote, porque no ecsiste mayor número sino en circunstancias particulares. Diremos pues *que en el verdadero tiro á rebote, al describir el proyectil su primera trayectoria, rasa la cresta del parapeto, derriba algunas veces los cestoncillos ó sacos que cubren á los defensores, cae sobre la banqueta ó el tarraplen, se eleva de nuevo y describe una segunda trayectoria cuya amplitud escede la parte restante de la longitud del terraplen, ó si las circunstancias son favorables dá un segundo rebote, pero rara vez tres sobre el terraplen.* (*) Por consigniente vemos que la multitud de rebotes de los proyectiles de artillería en los terraplenes de las obras, supuesta por algunos Autores, es puramente ideal; y leyendo los pasajes del *ataque de las Plazas* en que Vauban trata de este asunto, se conoce que no se refiere á otros rebotes que al primero.

(*) Para que el proyectil dé dos ó tres rebotes sobre el terraplen, han propuesto algunos el disparar de modo que el primer choque tenga lugar fuera de la obra, por ejemplo sobre el glacis del camino cubierto. Este método, que aun en teoria es solo admisible en circunstancias muy particulares, tendría en la práctica el gráve inconveniente de la incertidumbre de los disparos.

Angulos macsimos que permiten rebotar á las balas.

Los macsimos ángulos de elevacion con que deben dispararse las balas para que puedan rebotar, dependen de la carga y de la naturaleza del cuerpo en que chocan. Con la carga de $\frac{1}{14}$ que es la que se emplea ordinariamente, dichos ángulos son de 5° para el agua, y de 8.° 26.° y 33.° para la tierra firme, la madera y la mampostería.

Los proyectiles rebotan mejor sobre el agua que sobre la tierra, y las balas de grueso calibre pierden poca fuerza bajo un ángulo de 2.° ó 3.°

El tiro á rebote sobre el agua á 230 varas de distancia y bajo un ángulo de 4.° ó 5,° es el mas ventajoso contra los buques: de esta distancia y de este ángulo resulta que la batería debe estar elevada 16 ó 21 varas sobre el nivel de las aguas.

Una bala de 24 que rebota sobre el agua bajo un ángulo de 4.°, atraviesa todavia á 700 varas el costado de un buque de alto bordo.

Las balas rojas conservan la propiedad de incendiar las maderas, despues de haber dado dos á tres rebotes sobre el agua.

El tiro á rebote es útil en el ataque de las Plazas.?

Para profundizar la cuestion de saber si el tiro á rebote tal como lo hemos esplicado, es útil en el ataque de las Plazas, trataremos: 1.° de las bocas de fuego que se deben emplear; 2.° de su situacion; 3.° de la pólvora, de la carga, y del ángulo de tiro; 4.° del efecto probable de una sola pieza; 5.°

del de una batería; y 6.° del de varias baterías.

Las baterías de rebote deben dotarse con piezas de grueso calibre; 1.° por que sus tiros son mas certeros: 2.° porque estando las cantidades de movimiento en razon de las masas multiplicadas por las velocidades, una bala de 24 animada de una velocidad como 1, tiene la misma fuerza que otra de á 4 animada de una velocidad como 6: pero como la penetracion es proporcional al cuadrado de la velocidad, la bala de 24 se enterrará menos que la de á 4, y siendo el límite de la profundidad que permite el rebote proporcional al diametro del proyectil, resulta que con las piezas gruesas pueden obtenerse efectos que no serian posibles con las de pequeño calibre: 3.° porque el objeto de las primeras baterías debe ser desmontar la artillería del frente de ataque, y apagar los fuegos del enemigo auyentándolo de sus defensas; cuyo doble efecto es evidente que no puede lograrse con piezas pequeñas. Por consiguiente nosotros escluiremos de las baterías de rebote estas piezas, y admitiremos las de 24 con preferencia á las demás.

Bocas de fuego que se deben emplear.

Los Obuses, particularmente los de 9 pulgadas, son tambien muy convenientes, tanto por los grandes ángulos de elevacion á que se prestan, como por el crecido diametro y mayor elasticidad del

proyectil; pero como por su poca longitud no proporcionan en los disparos el acierto que es de desear, no deben emplearse sino en las baterías de la segunda paralela ó de las médias plazas de armas.

Situacion de las baterías de rebote.

Las baterías de rebote se establecen perpendicularmente á la prolongacion de las caras de las obras; y como los ángulos flanqueados de la mayor parte de los baluartes difieren poco de 90,° la batería que es perpendicular á la cara derecha, por ejemplo, es procsimamente paralela á la cara izquierda, y se halla bien situada para desmontar la artilleria de esta última.

Mínimo número de piezas que se deben colocar en las baterías de rebote.

El menor número de piezas con que debe dotarse toda batería para que su fuego no sea lento, es de cinco ó seis, y por consiguiente este nùmero será el mínimo que admitiremos para las baterías de rebote. Las dos terceras partes de estas piezas deben enfilar entera y diagonalmente la cara en cuya prolongacion está construida la batería; y las cañoneras deben construirse de modo que con las mismas piezas se puedan soslayar de revés los caminos cubiertos que dan frente á los ataques.

Número de piezas que se pueden colocar en una batería de rebote, y traza de las cañoneras.

Necesitándose para cada pieza una estension de espaldon de 7 á 7,5 varas, y siendo de 14 varas la anchura de los terraplenes, no pueden establecerse en cada batería de rebote mas que dos piezas que tiren paralelamente á la cara de la obra que

se ha de batir. Ecsaminemos de que modo deben situarse las demás piezas para que enfilen enteramente la misma cara.

Sean A B y A C las crestas de las caras de un baluarte,

AB=AC=110 varas; AF=14 varas; AG=650 varas; B G=760 varas; H G, lado interior de la batería perpendicular á A G, y cuyo estremo H queda determinado por su interseccion con la diagonal B F del terraplen.

Suponiendo que el ángulo flanqueado B A C sea de 90,° los triángulos B A F y B G H serán semejantes y darán G H=97 varas procsimamente: todas las piezas colocadas entre G y H, y cuyo número podrá ser 12, rebotarán enteramente la cara A B.

Si dicho ángulo flanqueado es de mas de 90° G H será menor de 97 varas, pero la diferencia no será grande á menos que el citado ángulo sea muy obtuso, en cuyo caso las balas dirigidas á la cara A B incomodarían mucho por su descenso á los defensores de la cara A C, aunque no podrían desmontar su artillería. Si el ángulo flanqueado es menor de 90,° G H será mayor de 97 varas, pero el terraplen tendrá menos estension diagonalmente.

De lo que precede resulta evidentemente que para batir de rebote la cara A B se puede emplear siempre el número de piezas conveniente y aun mas,

y no dos solamente como podría creerse á primera vista: ademas pueden colocarse ventajosamente otras piezas ente G y la interseccion I del lado interior de la batería con la diagonal A P del terraplen de la cara A B: en esta parte de la batería, que es de 83 varas procsimamente, se establecen tres ó cuatro morteros desde el punto G hasta el K, y otros tantos cañones desde K hasta M. Desde el emplazamiento que acabamos de asignar á los morteros, pueden batir diagonalmente el terraplen del camino cubierto y el de la obra, y en ningun otro paraje estarían situados tan ventajosamente.

Hemos supuesto que la cresta del camino cubierto es paralela á la del parapeto de la obra, pero esto no se verifica cuando el foso es mas estrecho en el ángulo flanqueado que en el de la espalda, en cuyo caso las prolongaciones de las dos crestas convergen entre si. Si el punto M cae entre G y H, se tomará á la derecha el lugar necesario para las piezas que deben batir el camino cubierto; pero los morteros perderán la ventajosa colocacion que les habíamos dado. Si el punto M se confunde con el G, desde las cañoneras que se abran para enfilar directamente la cara A B, no se podrá batir sino oblicuamente el camino cubierto L N. Este último caso, que es el mas desfavorable que puede presentarse en el establecimiento de las baterías de rebote, se

ofrece en el ataque del sistema ordinario de Vaubán. En el primer caso se situarán los morteros á la derecha de las piezas que enfilan el camino cubierto, ó parte á la derecha y parte á la izquierda; y en el segundo consesvarán su posicion entre G y K.

Las directrices de las dos primeras cañoneras de la batería G H formarán áugulos rectos con el lado interior del espaldon: las demas se dirigirán todas al punto B, y formarán con G H los ángulos G 3 B, G 4 B &c, fáciles de calcular. Como todos estos ángulos difieren poco de 90° la construccion de las cañoneras no ofrecerá dificultad: lo que si es muy importante para el acierto de los disparos, es que los batientes se establezcan bien perpendicularmente á las direcciones 3 B, 4 B, &c,, y que se pueda verificar de noche si tienen esta posicion, para lo cual basta conocer los valores de g 3, &c.

De la misma manera se establecerán las piezas destinadas á batir el camino cubierto: la directriz de la cañonera M, será la línea N L prolongacion de la estacada, y se procurará que la pieza colocada en ella sea del calibre de 24, como preferible á cualquiera otra para tirar invariablemente en la misma direccion.

Esplanadas de las baterías de rebote.

Las esplanadas de las baterías de rebote se construyen como las ordinarias, colocando los durmientes perpendicularmente al lado interior de la bate-

ría, pero con la diferencia de que queden horizontales, y sus estremos un poco retirados del espaldon; porque como las piezas de grueso calibre disparadas á rebote no retroceden sensiblemente, deben situarse de manera que los artilleros no tengan necesidad de sacarlas de batería para cargarlas. Los batientes se clavan sobre las esplanadas perpendicularmente á las directrices.

De la pólvora, de la carga y del ángulo del tiro.

La pólvora debe ser escelente y de grano no muy grueso, á fin de que la inflamacion de las pequeñas cargas que se emplean en el tiro á rebote sea casi instantanea, y haya menos variaciones de un disparo á otro en la tension inicial de los fluidos elásticos de la pólvora, y en la que ejercen á medida que se dilatan en el ánima de la pieza.

Pasaremos en silencio varias precauciones que se deben observar en el uso de la pólvora y que son conocidas, tales como remover un poco cada barril antes de empezarlo; construir en el acto los cartuchos, despues de haber determinado por tiros de tanteo la carga que conviene emplear; arreglar de nuevo el rebote cuando se varia de pólvora, &c.

En cuanto al ángulo de tiro, la regla que da Vaubán es colocar la pieza de manera que descanse sobre la solera, y determinar la carga necesaria para que la bala caiga en la obra rasando la cresta

del parapeto: de este modo el ángulo de tiro es constante, pero es preciso no generalizar mucho esta regla, porque la construccion de los montajes no es la misma en todas partes. El ángulo de tiro cuando las piezas descansan sobre la solera no es ordinariamente escesibo para batir una obra que domine la batería; por si fuese necesario dar mayor elevacion á la pieza, se enterraría la contera de la cureña, y si se hubiese de disminuir se podria hacer uso de una cuña semejante á la de Gribeaubal.

En fin, en la determinacion del ángulo de tiro es indispensable tener en consideracion el estado de los terraplenes de la Plaza. Supongamos por ejemplo que los sitiados hayan construido en ellos traveses de dos en dos piezas, y propongamonos averiguar el ángulo porque deberán apuntarse las piezas del sitiador, para que rasando las balas la cresta de un traves caigan al pie del siguiente. Para esto suponiendo que la altura de los traveses sea de 3 varas, y de 14 varas la distancia que los separa, tendremos

tang. ang.° de incid.ª $= \frac{3}{14} = 0{,}21 =$ tang de $11^{\circ}-52'$.
Sean A h $= 650$ varas, H h $= 8$ varas y será

tang. T A C $=$ tan S H F $+ 2$ tan H A C $= \frac{3}{14} + 2\,\frac{8}{650} =$ tang. $13^{\circ} - 10'$: por consiguiente si en este caso se apuntasen las piezas por pequeños ángulos, no producirian todo su efecto.

*

Se llama rebote tendido al que se ejecuta por pequeños ángulos de proyeccion. Algunos autores han recomendado su uso, porque la estension de terraplen en que los defensores no están en seguridad, es tanto mayor cuanto mas pequeño es el ángulo de incidencia: como teoricamente rebota el proyectil bajo un ángulo igual al de incidencia, se puede decir que aquella estension es igual al duplo de la cotangente de este ángulo, de modo que suponiendo que el radio sea de 2 varas, tendremos

Angulos de 15.°..12.°..10 °.. 6.°.. 5.°.. 4.°.. 3.°
2 cotang = 15.v..19.v..23.v..38.v..45.v. 57.v..76.v;

pero independientemente de que los traveses hacen perder al rebote tendido una parte de sus ventajas, las grandes cargas que ecsije y los pequeños ángulos porque es necesario disparar, hacen su efecto muy incierto como veremos pronto.

Efecto probable de los tiros á rebote.

La probabilidad de que las balas caigan en el terraplen, depende de su anchura A F y de su longitud A B: cuanto mas ancho sea, menos esposicion habrá de que no lo encuentre el proyectil cuando se desvíe del plano de tiro; y cuanta mas lonjitud tenga, menos probable será el que pequeñas variaciones en la carga ó en el ángulo de tiro, perjudiquen á la certeza de los alcances, considerados desde el ángulo flanqueado hasta el de la espalda.

Aunque hayamos dicho que las balas deben rasar

la cresta del parapeto, es evidente que si pasando por encima de él, cáen sin embargo sobre el terraplen, producirán su efecto. Para determinar el límite de la altura á que pueden pasar los proyectiles por encima del parapeto sin dejar de encontrar al terraplen, supondremos que B G C′ (*fig.* 3.ª) es la interseccion de la obra con un plano vertical que pase por el eje de la pieza situada en A, y destinada á tirar á rebote; A Y la traza del terreno, y F d una vertical que pase por la cresta del parapeto.

Sea A F = 650v; G C = F E = 110v; A E = 760v;
B F = 11v; B G = 3v; C E = 8v:

sea A B H la trayectoria de la bala que rasa la cresta del parapeto, H el punto en que encuentra al terraplen, y T A F el ángulo de proyeccion: en fin sea t A F otro ángulo de proyeccion, A D C Y la trayectoria correspondiente, que corta en el punto D á la vertical d F y que pasa por el punto C estremo del terraplen. La ecuacion de la parabola es

$$(1 + t^2) x^2 - 4 h t x + 4 h y = 0, \quad (1)$$

siendo t la tangente del ángulo de proyeccion, y h la altura debida á la velocidad inicial. Mientras se ejecuten los disparos por ángulos comprendidos entre t A F y T A F, con la misma pólvora y cargas iguales, los proyectiles cortarán á la vertical d F entre los puntos D y B, y caerán en el terraplen. Si



estando comprendido el ángulo de tiro entre los límites que le acabamos de asignar, fuese la pólvora de mejor calidad, ó mayor la carga, podría suceder que los proyectiles describiesen una trayectoria tal como A L M, de modo que aunque cortarían á la vertical d F entre los puntos D y B, pasarian por encima del punto C y no encontrarían el terraplen: pero como ya hemos dicho que siempre que se varía de pólvora debe arreglarse de nuevo el rebote, la pro posicion que hemos enunciado puede admitirse, y cuanto mayor sea la ordenada F D, mayor será tambien la probabilidad de herir el terraplen.

Es importante observar que la ordenada de la verdadera trayectoria sería mayor que F D: en efecto, debiendo vencer la bala la resistencia del aire, su velocidad será mayor que la que se deduce de la ecuacion (1); por consiguiente la verdadera trayectoria debe ser superior á la parabola A D C, pasar por el punto C, y tener mas curvatura en su rama ascendente que en la descendente que tiene por asintota una línea vertical: pero estas condiciones no pueden quedar satisfechas sino por una curva A d C que corte á la vertical d F encima del punto D; luego todos los proyectiles que pasen entre D y d, encontrarán tambien al terraplen.

Esto supuesto, sea t A F $=12.^\circ$ y tendremos

$$t = \text{tang. } 12.^\circ = 0{,}2125565\ ;$$

haciendo $x = 760$ varas, é $y = C\ E = 8$ varas, la ecuacion (1) dará $h = 989$ varas. Conociendo ya á t y á h en la ecuacion (1), hagamos en ella $x = A\ F = 650$ varas, y hallaremos $y = F\ D = 26{,}5$ varas y

$$B\ D = F\ D - B\ F = 15{,}5 \text{ varas.}$$

Segun esperiencias hechas para medir el ángulo laterál que forman las balas de 24 con el eje de la pieza en el momento en que salen del ánima, resulta que dichos ángulos, ó las declinaciones del proyectil, crecen con las cargas, de modo que deben ser menores en el tiro á rebote que en el tiro á toda carga. Las cargas y los ángulos correspondientes de declinacion, fueron las siguientes en las citadas esperiencias.

Cargas.	Angulos de declinacion	Cargas.	Angulos de declinacion
1 libra	5′ - 34″	3,5	22′ - 17″
1,5	13′ - 8″	4.	38′ - 12″
2	4′ - 46″	6.	19′ - 6″
2,5.	16′ - 43″	8.	27′ - 27″
3	11′ - 56″		

Siendo la anchura del terraplen de 14 varas, y considerándola en el ángulo de la espalda, se verá á la distancia de 760 varas que es la de la batería, bajo el ángulo óptico de 1.° - 3′, cuya mitad 31′ - 30″ es mayor que cualquiera de los ángulos de declinacion observados, escepto el de 38′ - 12″; por consiguiente prescindiendo de él, las balas de la pieza número 2

(*fig* 2.ª) que está alineada con el centro del terraplen, en ningun caso dejarán de encontrar á este, si cortan á la vertical d F entre los puntos D y B. El ángulo óptico de 1° - 3' reduce la anchura del terraplen, considerada en el ángulo flanqueado, en la relacion de 760 á 650 ó á 11,9 varas: asi pues la probabilidad de rebotar el terraplen con la pieza número 2, sería la misma que se tendría para poner una bala en un blanco de 11,9 varas de ancho y 15,5 varas de alto, ó de 184,45 varas cuadradas, á la distancia de 650 varas. Las demas piezas no estan situadas tan ventajosamente, pero como las declinaciones son muy pequeñas cuando las cargas no esceden de 3 libras, y hemos prescindido de varias circunstancias en que las balas encontrarían tambien al terraplen, admitiremos que la probabilidad es igual en todas las piezas.

Sabiéndose por esperiencia que de cada cinco balas se pone una en un blanco de 3,48 varas de ancho y 1,85 varas de alto á la distancia de 670 varas, resulta que la probabilidad favorable es de $\frac{1}{5}$ contra un blanco de 6,45 varas cuadradas ó de $\frac{4}{5}$ la probabilidad contraria. Suponiendo que esta última está en razon inversa (*) de la estension superficial del

(*) Esta proposicion solo es admisible para calcular la probabilidad contraria contra un blanco de mayor superficie, pues si esta fuese menor, sería necesario calcular la probabilidad favorable. En

blanco cuya distancia es la misma, la probabilidad contraria de las baterías de rebote será $\frac{4}{5} \cdot \frac{6,45}{184,45} = \frac{1}{33}$ procsimamente; es decir, que de cada 33 balas una sola dejará de encontrar al terraplen.

Influencia de los ángulos de proyeccion en el efecto de los tiros á rebote.

Es interesante conocer los valores que toma B D, y en lo que se convierten las probabilidades contrarias cuando los ángulos de proyeccion macsimos que pueden emplearse segun las cargas que se usen sean menores de 12.° Calculándolos resulta.

h	t A F	B D	Superf. del blanco.	Probabilid. contrarias
798^{v}	15°	$20,^{v}41$	242^{vv}	$\frac{1}{45}$
989	12	15,5	180	$\frac{1}{33}$
2057	6	49,3	58,6	$\frac{1}{11}$
3268	4	1,6	19	$\frac{2}{7}$
4642	3	−0,08	−0,05	$-\frac{400}{71}$

Por esta tabla vemos que las probabilidades contrarias estan en razon inversa de los ángulos de proyeccion, y que cuando este es de 3.° ya no hay blanco, porque la bala debe pasar á $0,^{v}08$ por debajo de la cresta del parapeto para encontrar al terraplen en el ángulo de la espalda: por consiguiente con los datos que han servido de base á estos cálculos no es posible el tiro á rebote bajo dicho ángulo de pro-



efecto supongamos que el blanco tenga 11 varas de ancho y 0,469 de altura ó 5,159 varas cuadradas de superficie, y tendremos que la probabilidad contraria sería igual á 1, lo cual es absurdo

yeccion; cuya circunstancia se conoce tambien por la probabilidad contraria correspondiente, que es una fraccion mayor que la unidad.

Influencia de las dimensiones de las obras en el efecto del tiro á rebote.

El tiro á rebote no ofrece tantas ventajas contra las obras pequeñas como contra las de grandes dimensiones. Para formarnos una idea de las diferencias que pueden resultar en sus efectos por esta causa, supongamos que el ángulo de tiro sea de 6°, que la batería diste de la obra que se ha de batir 650 varas, que la cresta del parapeto esté elevada 9 varas sobre la campaña, que el terraplen no tenga sino 56 varas de largo por 6 de ancho y 7 de dominacion, y hallaremos que $B\,D = 2,^{v}024$: la estension superficial del blanco será 10,93 varas cuadradas, y la probabilidad contraria $\frac{1}{2}$ procsimamente, la cual para el mismo ángulo de proyeccion solo era $\frac{1}{11}$ cuando el terraplen tenía 110 varas de largo y 14 de ancho.

El tiro á rebote bajo pequeños ángulos de proyeccion es muy incierto.

Fundándonos en los angulos de declinacion de las balas de 24 observados en las esperiencias ya citadas, podemos demostrar que el rebote tendido es muy incierto: para ello basta determinar los límites de los ángulos de proyeccion correspondientes á cada carga, tomar el ángulo medio, ver en cuanto se diferencia de los ángulos estremos, y comparar esta diferencia con el ángulo de declinacion correspondiente á la misma carga Empleando los mismos datos que

en los egemplos precedentes, solo será necesario calcular los valores correspondientes de t A F por medio de la ecuacion (1), en la que haciendo x = 650 varas é y = 11 varas, resulta

t A F	T A F	$\frac{tAF + TAF}{2}$	diferencia de $\frac{tAF + TAF}{2}$ con t A F
15°.	13°-11'.	14°- 5'-30".	.......54'-30"
12..	10°-42'.	11°-21'.	..........39'
6..	5°-32'.	5°-46'.	........14'
4..	3°-53'.	3°-56'-30".	.... 3'-30"

En esta tabla vemos que las diferencias de los ángulos medios 14° - 5' - 30" y 11° - 21' á los ángulos estremos correspondientes, esceden al mayor ángulo de declinacion (*) observado en las piezas de 24; por consiguiente en disparando con estos ángulos no se dejará de herir el terraplen, lo que si sucederá si se dispara por el ángulo de 5.° - 46' siempre que los desvíos verticales sean mayores de 14'; ó por el de 3° - 56' - 30", cuando dichos desvíos escedan de 3' - 30": en estos dos casos las valas caerán ó mas acá del ángulo flanqueado, ó mas allá del de la espalda, y es tanto mas probable que

(*) No tenemos conocimiento de ninguna esperiencia que haya tenido por objeto medir las declinaciones ó desvíos verticales; pero es muy probable que las declinaciones medias en todos sentidos, esten comprendidas en una superficie cónica que tenga por eje la trayectoria media.

los desvíos bajo pequeños ángulos sean mayores que 14′, cuanto que estos ecsigen el uso de cargas crecidas.

Ventajas del rebote tendido con relacion á la estension de terraplen en que no estan seguros los defensores.

Ahora podemos apreciar con mas esactitud que lo hemos hecho ya, las ventajas que ofrece al sitiador el robote tendido respecto de la estension de terraplen en que no están seguros los defensores. En efecto, hemos visto que esta estension es de 19 varas cuando el ángulo de incidencia del proyectil es de 12°, y de 38 varas cuando dicho ángulo es de 6°; y como la probabilidad favorable en el primer caso es $\frac{32}{33}$, y $\frac{10}{11}$ ó $\frac{30}{33}$ en el segundo, los dos términos de comparacion serán $19 \times 32 = 608$, y $38 \times 30 = 1140$: al parecer los pequeños ángulos tendrian ventajas sobre los grandes, pero prescindiendo de que los traveses destruyen completamente el efecto del rebote tendido, debemos observar que cuando se dispara por pequeños ángulos de proyeccion, la bala cae muy lejos del saliente de la obra y no daña á las piezas prócsimas á el, y que su primer choque se verifica mucho mas cerca del estremo C del terraplen que cuando los ángulos de proyeccion son grandes; de manera que la bala no da mas que un rebote sobre el terraplen en el primer caso, mientras que en el segundo podria dar dos.

De todo lo que precede se sigue que en general no se debe usar el rebote tendido contra las plazas,

y que solo se empleará con ecsito en el ataque de las obras cuyas alas tengan mucha estension, y esten defendidas con pocos traveses.

Efecto de una batería de rebote.

Supongamos una batería armada con nueve cañones, seis para enfilar el terraplen de la obra principal, y tres, ó uno y dos obuses para enfilar el camino cubierto. Comunmente se cuenta un tiro por cada cuarto de hora, ó ciento en veinte y cuatro horas, y por consiguiente las seis primeras piezas harán 600 disparos en 24 horas, de los cuales 580, segun el cálculo de las probabilidades á razon de 32 tiros por cada 33 bajo un ángulo de proyeccion de 12.°, herirán al terraplen; y si no hay traveses, por cada tiro habrá una estension de 19 varas en que no estarán seguros los defensores.

Supongamos ahora qne en un terraplen de 110 varas de longitud y 14 de anchura, hayan construido los defensores seis traveses de 7 varas de largo y 5 de grueso: la superficie del terraplen que era de 1540 varas cuadradas quedará reducida á 1330, y el número de proyectiles que chocarán en ella en veinte y cuatro horas á 500, lo que equivale á 5 por cada vara corriente de la longitud del terraplen. Bien sabemos que este cálculo no es mas que aprocsimado, pero hemos prescindido de los rebotes que tienen lugar sobre los parapetos y traveses, y de los tiros perdidos dirigidos á otras partes de la fortificacion,

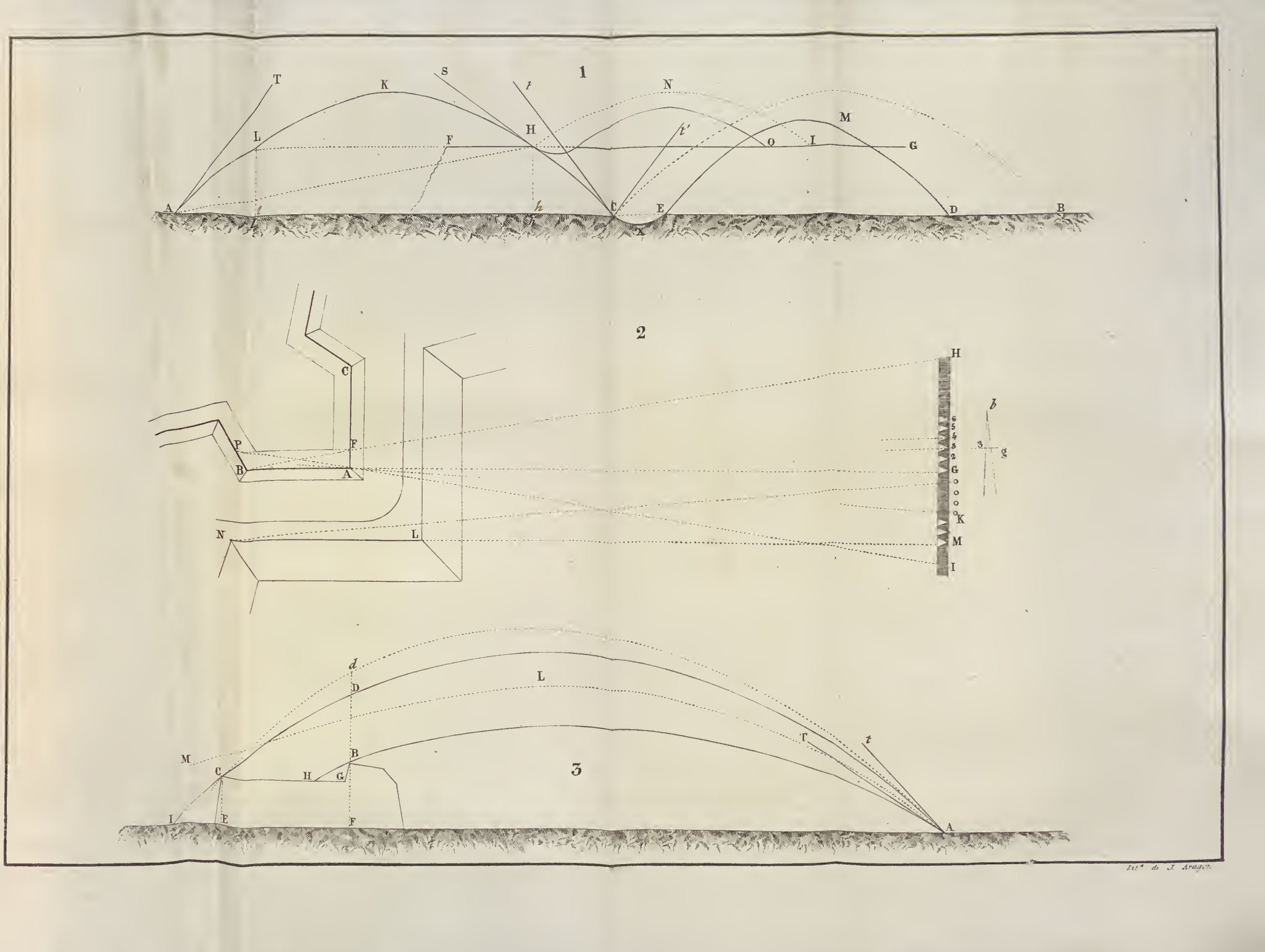
que incomodarán á los defensores de la cara A B: de manera que los terraplenes serán verdaderamente inhabitables.

Efecto de varias baterías de rebote.

Consideremos un frente abaluartado para cuyo ataque se hayan establecido solo seis baterías con nueve piezas cada una, á saber, dos contra la media luna del frente, dos contra las caras de los semibaluartes, y dos contra las medias lunas colaterales El número total de piezas será cincuenta y cuatro, y el de los disparos que harán en veinte y cuatro horas 4500, de los cuales 3000 sobre los terraplenes de las obras y 1500 sobre el del camino cubierto. Los proyectiles disparados contra las medias lunas, que reboten ó pasen por encima de estas obras, caerán en los baluartes ó en las Cortinas, y los de las baterías contra los baluartes caerán en los fosos de las tenazas, incomodarán las comunicaciones de las obras, y ofenderán de revés á los flancos, cuya artillería no se puede desmontar con las baterías directas sino á costa de mucho tiempo, cuando no les ayudan los tiros de rebote y los fuegos curvos. En una palabra, los tiros perdidos de las baterías de rebote producirán efectos tanto mas temibles para el sitiado, cuanto que este no podrá precaverlos, mientras que las balas perdidas de las baterías directas se enterarán en los parapetos, ó caerán en la poblacion sin producir otro resultado que la destruccion de algunos edificios.

No pretendemos por esto que las baterías directas sean inútiles; al contrario las creemos muy necesarias para desmontar las piezas cubiertas con traveses: lo que queremos decir es que el tiro á rebote lejos de ser despreciable como han supuesto algunos Autores, es uno de los medios mas eficaces que se pueden emplear para apagar los fuegos de una Plaza y acelerar su rendicion.




1
T
K
S
t
N
M
L
F
H
t'
O
I
G
A
l
h
C
E
D
B
X
2
H
C
b
6
5
4
3
2
P
F
3
g
B
A
G
K
N
L
M
I
d
D
L
M
T
t
B
C
H
G
3
I
E
F
A
Lit.ª de J. Aragon.

